

HYDROGEN COMBUSTION HEATER

Patent Number: JP2002122311
Publication date: 2002-04-26
Inventor(s): SUGIMOTO TAMOTSU
Applicant(s): CALSONIC KANSEI CORP
Requested Patent: ☐ JP2002122311
Application Number: JP20010177578 20010612
Priority Number(s):
IPC Classification: F23D14/18; B60H1/03; B60H1/22; F23D14/02; F23D14/62
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a hydrogen combustion heater wherein there is no possibility of explosion or explosive combustion without production of nitrogen oxide and with suppression of an increase of thermal stress.

SOLUTION: Air from an air fan 11 and hydrogen gas from a hydrogen introduction pipe 16 are supplied to an inlet pipe 13. Connected with the inlet pipe there are provided a mixer 40, an electric heating catalyst 50, a combustion catalyst 60, and a heat exchanger 64 in this order. First, supply amounts of hydrogen gas and air are reduced, and electric power is supplied to the electric heating catalyst for a predetermined time to combust mixed gas, and the combustion catalyst heated with the combustion gas starts a catalyst reaction, the supply amounts are changed to a stationary large current amount. A mixing ratio of the hydrogen gas and the air is set to be substantially 1:15.3, and combustion in each catalyst is supposed to be slow oxidation reaction, whereby 500 deg.C combustion gas is obtained without causing explosion or explosive combustion. The combustion gas heats water from a water pump 65 in the heat exchanger and is released to a silencer 70.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-122311

(P2002-122311A)

(43) 公開日 平成14年4月26日 (2002.4.26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
F 2 3 D 14/18		F 2 3 D 14/18	D 3 K 0 1 7
B 6 0 H 1/03		B 6 0 H 1/03	A
1/22	6 7 1	1/22	6 7 1
F 2 3 D 14/02		F 2 3 D 14/02	A
14/62		14/62	
審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 13 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-177578 (P2001-177578)

(22) 出願日 平成13年6月12日 (2001.6.12)

(31) 優先権主張番号 特願2000-240816 (P2000-240816)

(32) 優先日 平成12年8月9日 (2000.8.9)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004765

カルソニックカンセイ株式会社

東京都中野区南台5丁目24番15号

(72) 発明者 杉本 保

東京都中野区南台5丁目24番15号 カルソ

ニックカンセイ株式会社内

(74) 代理人 100086450

弁理士 菊谷 公男 (外2名)

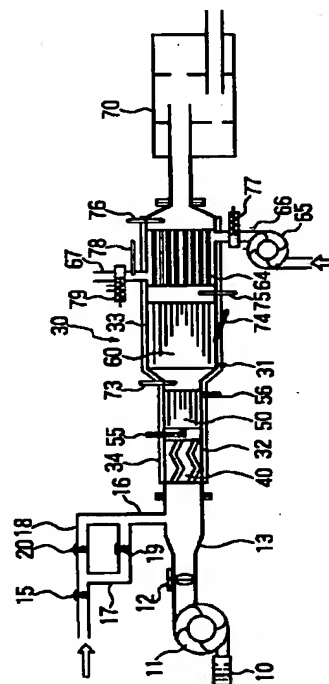
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水素燃焼ヒータ

(57) 【要約】

【課題】 爆発や爆燃のおそれなく、窒素酸化物の生成がなく、熱応力の増大を抑えた水素燃焼ヒータとする。

【解決手段】 送風機11からの空気と水素導入管16からの水素ガスが入口管13に供給される。入口管に接続して順に混合器40、電気加熱触媒50、燃焼触媒60、熱交換器64が設けてある。まず水素ガスと空気の供給量を少として電気加熱触媒に所定時間通電し混合ガスを燃焼させ、その燃焼ガスで加熱された燃焼触媒が触媒反応を開始したら供給量を定常の大流量とする。水素ガスと空気の混合比率を1:15.3付近として各触媒における燃焼を緩酸化反応とすることにより、爆発や爆燃なく500℃の燃焼ガスが得られる。燃焼ガスは熱交換器でウォータポンプ65からの水を加熱し、消音器70へ放出される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 燃料供給手段（11、12、13、13'、15、16、16'、19、20、100、102、104、106）により水素ガスと空気とが供給される流路（31）に、上流側から順に電気加熱触媒（50）、燃焼触媒（60）、および熱媒体を通流させる熱交換器（64）を設け、電気加熱触媒に通電して水素ガスと空気の混合ガスの燃焼を開始させ、電気加熱触媒における燃焼ガスにより加熱された燃焼触媒においても水素ガスと空気の混合ガスを燃焼させるように構成し、前記燃料供給手段は、電気加熱触媒および燃焼触媒における燃焼を緩酸化反応とするよう水素ガスと空気の比率を制御することを特徴とする水素燃焼ヒータ。

【請求項2】 前記水素ガスと空気の比率は、緩酸化反応で最高500℃を得る値に設定されることを特徴とする請求項1記載の水素燃焼ヒータ。

【請求項3】 前記電気加熱触媒（50）は、第1の電極（55）を中心に、少なくとも触媒を担持した波板（53）を含む素材を巻き上げて形成されるときに、外周に設けた外筒（54）に第2の電極（56）が接続され、巻き上げ後の各層間に形成されるセル（58）を流路（31）の流れ方向に合わせて設置されていることを特徴とする請求項1または2記載の水素燃焼ヒータ。

【請求項4】 前記電気加熱触媒（50）の容量を燃焼触媒（60）の容量よりも小さく設定し、電気加熱触媒への通電による燃焼の開始にあたっては、燃料供給手段（11、12、13、13'、15、16、16'、19、20、100、102、104、106）により供給される水素ガスと空気の混合ガスの流量を、定常運転時の流量×電気加熱触媒の容量／（電気加熱触媒の容量＋燃焼触媒の容量）に制御するよう構成されていることを特徴とする請求項1、2または3記載の水素燃焼ヒータ。

【請求項5】 前記燃焼触媒（60）は電気加熱触媒（50）よりも断面積を大きく設定され、これに対応して前記流路（31）の流路断面積は燃焼触媒の設置部位において電気加熱触媒の設置部位よりも大きいことを特徴とする請求項4記載の水素燃焼ヒータ。

【請求項6】 前記電気加熱触媒（50）より上流側に、流路（13、31）に供給された水素ガスと空気とを混合する混合器（40）が設けられていることを特徴とする請求項1、2、3、4または5記載の水素燃焼ヒータ。

【請求項7】 前記混合器（40）は、それぞれ多孔素材の平板（42）と波板（43）とを重ねて巻き上げて形成され、巻き上げ後の各層間に形成される各セル（45）を流路（31）の流れ方向に合わせて設置されていることを特徴とする請求項6記載の水素燃焼ヒータ。

【請求項8】 前記電気加熱触媒（50）は、巻き上げ素材の外周側所定巻き数に対応する範囲に多孔（57）

を形成してあることを特徴とする請求項3、4、5、6または7記載の水素燃焼ヒータ。

【請求項9】 前記電気加熱触媒（80）は、その上流側端から所定範囲について巻き上げ素材に多孔部（86）を形成してあることを特徴とする請求項3、4または5記載の水素燃焼ヒータ。

【請求項10】 前記燃料供給手段は、一端に送風機（11）が接続されるときに前記流路（31）の上流端に接続される入口管（13）と、該入口管に開口する水素導入管（16）とを含み、水素導入管は第1の絞り弁（19）を備える第1の分岐路（17）と第2の絞り弁（20）を備える第2の分岐路（18）を有し、第1の絞り弁は燃焼開始時に対応する水素ガスの流量を与え、第1の絞り弁と第2の絞り弁の両方を開いたとき定常運転時の水素ガスの流量が与えられることを特徴とする請求項1から9のいずれかに記載の水素燃焼ヒータ。

【請求項11】 前記燃料供給手段は、一端に送風機（11）が接続されるときに前記流路（31）の上流端に接続される入口管（13'）と、該入口管に開口し、第1の水素停止弁（100）を備える水素導入管（16'）とを含み、水素導入管は第1の絞り（102）を備える第1の分岐路（17）と第2の水素停止弁（104）および第2の絞り（106）を備える第2の分岐路（18）を有し、第1の水素停止弁および第2の水素停止弁は空気または不活性ガスを作動流体とする気体作動弁とされ、第1の水素停止弁を開いたとき第1の絞りは燃焼開始時に対応する水素ガスの流量を与え、さらに第2の水素停止弁を開いたとき定常運転時の水素ガスの流量が与えられることを特徴とする請求項1から9のいずれかに記載の水素燃焼ヒータ。

【請求項12】 前記水素導入管（16'）は、入口管（13'）の周壁を貫通させて、入口管の断面を下から上へ横切るように配置され、入口管の断面内における中心位置近傍および該中心位置近傍より入口管の底面側に複数の開口を有し、該開口は入口管の管軸方向上流に向かって設けられていることを特徴とする請求項1から11のいずれかに記載の水素燃焼ヒータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、水素ガスの触媒による酸化反応熱で被加熱流体を加熱する水素燃焼ヒータに関する。

【0002】

【従来の技術】燃料ガスを触媒によって酸化反応させ、その酸化反応熱で熱交換器を通して被加熱流体を加熱する燃焼ヒータが種々提案されている。とくに水素燃料電池を搭載する車両などでは、同じ水素を燃料とする水素燃焼ヒータが燃料一元化の点から好ましい。このような水素燃焼ヒータでは、水素ガスと空気の混合ガスを触媒に触れさせて酸化させるわけであるが、始動に際して触

媒を酸化反応に適した温度にするため、従来は触媒に流入する前に混合ガスに火花点火して燃焼させ、この前段階で高温となった燃焼ガスを触媒に通すことにより当該触媒を加熱するようにしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような火花による混合ガスの燃焼方法では、水素と空気の混合比が爆発あるいは爆燃限界内でなければ着火しないので、点火時の爆発や爆燃のおそれを回避できないという問題がある。またこのような点火を可能とする混合比で燃焼させると、その燃焼温度も過大となる。そのため、防爆、高熱対策が必須となるうえ、窒素酸化物の生成が増大するとともに、熱交換器には被加熱流体との温度差による大きな熱応力が発生するという問題も生じる。

【0004】したがって本発明は、上記従来の問題点を鑑み、爆発や爆燃のおそれなく、窒素酸化物の生成や熱応力の増大が抑えられ、しかも安定な加熱性能を得る水素燃焼ヒータを提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】請求項1の水素燃焼ヒータは、燃料供給手段により水素ガスと空気とが供給される流路に、上流側から順に電気加熱触媒、燃焼触媒、および熱媒体を通流させる熱交換器を設け、電気加熱触媒に通電して水素ガスと空気の混合ガスの燃焼を開始させ、電気加熱触媒における燃焼ガスにより加熱された燃焼触媒においても水素ガスと空気の混合ガスを燃焼させるように構成し、燃料供給手段は、電気加熱触媒および燃焼触媒における燃焼を緩酸化反応とするよう水素ガスと空気の比率を制御するものとした。電気加熱触媒および燃焼触媒に供給される水素ガスと空気の混合比率が緩酸化反応による燃焼を行うように制御されるので、爆発や爆燃のおそれがなく、燃焼温度も過大とならない。

【0006】請求項2の発明は、とくに、水素ガスと空気の比率が緩酸化反応で最高500℃を得る値に設定されるものとした。この燃焼温度500℃は水素ガスと空気の比率1:15.3で得られ、この比率が若干振れても水素爆発限界からは十分に遠く、安全に高温が得られる。

【0007】請求項3の発明は、電気加熱触媒が第1の電極を中心に、少なくとも触媒を担持した波板を含む素材を巻き上げて形成されるとともに、外周に設けた外筒に第2の電極が接続され、巻き上げ後の各層間に形成されるセルを流路の流れ方向に合わせて設置されているものとした。触媒担体構造が一般自動車の排気系に多用されているものと同種で、単に電極を付加するだけのものであるから、作製が容易である。

【0008】請求項4の発明は、電気加熱触媒の容量を燃焼触媒の容量よりも小さく設定し、電気加熱触媒への通電による燃焼の開始にあたっては、燃料供給手段により供給される水素ガスと空気の混合ガスの流量を、定常

運転時の流量×電気加熱触媒の容量/(電気加熱触媒の容量+燃焼触媒の容量)に制御するよう構成されているものとした。燃焼の開始にあたっては、小さい容量の電気加熱触媒で反応可能なだけの少量の混合ガスを供給することにより、小電力で短時間に触媒反応を開始でき、いわゆる着火が早いので、定常運転への立上がりも早い。

【0009】請求項5の発明は、燃焼触媒が電気加熱触媒よりも断面積を大きく設定され、これに対応して流路の流路断面積は燃焼触媒の設置部位において電気加熱触媒の設置部位よりも大きくしたものである。燃焼触媒の断面積を大きくすることにより、その容量が電気加熱触媒より大きいにもかかわらず、ヒータ全体の長さが短く、コンパクトに構成される。

【0010】請求項6の発明は、電気加熱触媒より上流側に、流路に供給された水素ガスと空気とを混合する混合器を設けたものである。電気加熱触媒に流入する前に水素ガスと空気が十分に混合されるから、電気加熱触媒にヒートスポットが発生せず、耐久性が向上する。

【0011】請求項7の発明は、混合器がそれぞれ多孔素材の平板と波板とを重ねて巻き上げて形成され、巻き上げ後の各層間に形成される各セルを流路の流れ方向に合わせて設置されているものとした。各セルが流路の流れ方向にそって貫通するので、圧力損失を増大させることがない。しかも、各板に形成された多孔により、空気と水素ガスはセル間を細かく移動する間に均一に混合される。

【0012】請求項8の発明は、電気加熱触媒において、巻き上げ素材の外周側所定巻き数に対応する範囲に多孔を形成してあるものとした。外周部に多孔を形成してあることによりその抵抗値が増大して、発熱量が増大するので、外部への放熱があっても、外周部も中心部の変化に近い昇温特性を有することとなり、触媒反応が正常に進む。

【0013】請求項9の発明は、電気加熱触媒の上流側端から所定範囲について巻き上げ素材に多孔を形成してあるものとした。巻き上げの各層間に形成されるセルを流れる間に、多孔を通して空気と水素ガスが細かく移動し互いに混合されるので、加熱触媒機能に加えて混合器機能を奏する。

【0014】請求項10の発明は、燃料供給手段が、一端に送風機が接続されるとともに流路の上流端に接続される入口管と、該入口管に開口する水素導入管を含み、水素導入管は第1の絞り弁を備える第1の分岐路と第2の絞り弁を備える第2の分岐路を有し、第1の絞り弁は燃焼開始時に対応する水素ガスの流量を与え、第1の絞り弁と第2の絞り弁の両方を開いたとき定常運転時の水素ガスの流量が与えられるものとした。燃焼開始にあたってはまず第1の絞り弁のみを開き、燃焼触媒が触媒反応を開始したらさらに第2の絞り弁を開くことによ

り、適正な流量が供給されるから、燃料の流量制御が簡単である。

【0015】請求項11の発明は、燃料供給手段は、一端に送風機が接続されるとともに流路の上流端に接続される入口管と、該入口管に開口し、第1の水素停止弁を備える水素導入管とを含み、水素導入管は第1の絞りを備える第1の分岐路と第2の水素停止弁および第2の絞りを備える第2の分岐路を有し、第1の水素停止弁および第2の水素停止弁は空気または不活性ガスを作動流体とする気体作動弁とされ、第1の水素停止弁を開いたとき第1の絞りは燃焼開始時に対応する水素ガスの流量を与え、さらに第2の水素停止弁を開いたとき定常運転時の水素ガスの流量が与えられるものとした。水素ガスの通流を制御する第1、第2の水素停止弁が空気または不活性ガスで作動する気体作動弁で構成されているので、水素ガスと電気エネルギーの接触のおそれが回避される。

【0016】請求項12の発明は、水素導入管が、入口管の周壁を貫通させて入口管の断面を下から上へ横切るように配置され、入口管の断面内における中心位置近傍および該中心位置近傍より入口管の底面側に複数の開口を有し、該開口は入口管の管軸方向上流に向かって設けられているものとした。水素導入管の直後で空気と水素ガスの良好な混合状態が得られ、水素濃度変化が小さな範囲に収まる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を実施例により説明する。図1は第1の実施例の全体構成を示す図である。入口管13の軸方向一端に送風機11が接続され、送風機11と入口管の間には流量制御弁12が設けられている。送風機11はフィルタ10を介して吸引した空気を流量制御弁12を介して入口管13内へ供給する。入口管13の側壁には減圧弁15を介して図示しない水素貯留容器に接続した水素導入管16が開口している。

【0018】水素導入管16には、入口管13への開口部と減圧弁15の間に、分岐路が形成され、一方の分岐路17には第1の絞り弁19、他方の分岐路18には第2の絞り弁20が設けられている。内径58mmの入口管13に対して水素導入管16の開口内径は8mmとしてある。また、第1の絞り弁19と第2の絞り弁20の流量比は1:9としてあり、減圧弁15で減圧された水素ガスは第1の絞り弁19を開くことにより5リットル/分で入口管13へ供給され、さらに第2の絞り弁20を開くことにより合計50リットル/分で入口管13へ供給される。入口管13の軸方向の他端はヒータユニット30に接続されている。上記の送風機11、流量制御弁12、減圧弁15、水素導入管16、第1の絞り弁19、第2の絞り弁20および入口管13で、発明の燃料供給手段を構成している。

【0019】ヒータユニット30は、入口管13側から順に、入口管13と同径の小径部32と、この小径部32より断面の大きい内径102mmの大径部33からなるステンレス製のケーシング31を備え、ケーシング31の外周は断熱材34でカバーされている。小径部32内には、上流側から順に混合器40と電気加熱触媒50が配置され、大径部33内には、上流側から順に燃焼触媒60と熱交換器64とが配置されている。ここでは、ケーシング31が発明における流路を形成している。

【0020】電気加熱触媒50からは、ケーシング31の外周壁を貫通して、第1、第2電極が外方へ延びている。熱交換器64には、ケーシング31の外周壁を貫通して、ウォータポンプ65に接続された水導入管66と水排出管67とが連結されている。ケーシングの大径部33の出口端は小径に絞られ、消音器70に接続されている。

【0021】入口管13に供給された送風機11からの空気と水素導入管16からの水素ガスは、混合器40で均一な混合ガスとなり、電気加熱触媒50で加熱燃焼されて、この燃焼ガスが燃焼触媒60を触媒反応に十分な温度に加熱する。燃焼触媒60により酸化反応して高熱となった燃焼ガスは、熱交換器64で熱媒体としての純水を加熱した後、消音器70を経て外部へ放出される。

【0022】電気加熱触媒50と燃焼触媒60間の間の空間には、電気加熱触媒50からの燃焼ガスの温度を検出する温度センサ73が設けられている。また、燃焼触媒60の温度を検出する温度センサ74が設けられるとともに、燃焼触媒60と熱交換器64の間の空間には、燃焼触媒60からの燃焼ガスの温度を検出する温度センサ75が設けられている。

【0023】さらに、熱交換器70の直後には熱交換後の燃焼ガスの温度を検出する温度センサ76が設けられている。水導入管66の熱交換器入口に圧力センサ77が設けられ、水排出管67には熱交換器出口に熱交換後の水の温度を検出する温度センサ78と、リリーフ弁79が設けられている。送風機11、ウォータポンプ65、各弁12、15、19、20、79および各センサ73、74、75、76、77、78は図示省略の制御装置に接続されている。

【0024】図2は混合器の構造を示す。混合器40は、図3の(a)に示す多孔素材の平板42と、同じく多孔素材を波付けした(b)に示す波板43とを重ねて巻き上げて形成してある。多孔素材41は、図4の(a)に示すように、幅50mm、厚さ50μmのステンレス箔全面に、直径1.0mmの孔44を縦横各2mmピッチで形成してある。波板43は図4の(b)に示すように、波の高さが1.2mm、波のピッチが2.6mmとなっている。なお、図2～図4では理解容易のため孔44のサイズやピッチを大きく表示して簡略化している。

【0025】平板42と波板43とは巻き上げのあと、1200℃、1Paの程度で約20分間真空熱処理を行って、拡散結合により剛性の高い担体とされる。混合器40はヒータユニット30の小径部32に軸方向を合わせて設置され、巻き上げ後の各層の平板42と波板43の間に形成される各セル45が小径部32の軸方向に貫通している。

【0026】つぎに図5は、電気加熱触媒の構造を示す。電気加熱触媒50は、白金(Pt)1%、残部アルミナ(Al₂O₃)からなる触媒を担持した平板52と波板53とを重ねて20巻きして形成してあり、複数箇所う付けした後、外筒54に圧入されている。平板52と波板53の巻き上げ中心には第1電極55が設けられ、外筒54には第2電極56が設けられている。

【0027】平板と波板の各素材51は、いずれも図6の(a)に示すように、幅50mm、厚さ50μmの20Cr-5Al、残部Feのステンレス箔を用い、(b)に示す全20巻きのうちの外周側8巻きに対応する範囲に、直径1.0mmの孔57を幅方向に2.5mmピッチで19個並べた孔列を巻き方向に5mmピッチで形成してある。波板53は図6の(c)に示すように、波の高さが1.2mm、波のピッチが2.6mmとなっている。巻き上げ後の各層の平板52と波板53の間に形成される各セル58も小径部32の軸方向に貫通している。なお、図5、図6では理解容易のため孔57のサイズやピッチを大きく表示して簡略化している。

【0028】図7は、電気加熱触媒の外周部における多孔の有無による昇温特性を比較したもので、(a)は上記外周部の平板52と波板53を多孔とした電気加熱触媒50、(b)は平板と波板に孔を有しない比較例を示す。巻き上げ型の電気加熱触媒では、外部への放熱があるため、比較例におけるように外周から5層目の温度が中心部10層目、15層目より各段に低く、外周部では触媒反応が不十分となる。これに対して、実施例の電気加熱触媒50では多孔(孔57)を形成してあることにより外周部の抵抗値が増大して、発熱量を増大させ、

(a)のように中心部の変化に近い昇温特性を備えている。これにより、通電300秒後の温度分布を示す図8のように、外周側5層目位置で約60℃も高い温度が得られる。

【0029】燃焼触媒60は電気加熱触媒50と同様に白金(Pt)1%、残部アルミナ(Al₂O₃)からなる触媒を200g/リットルで担持し、水素を酸化反応させる。燃焼触媒50はヒータユニット30の内径102mmの大径部33に整合し、長さ120mmのサイズを有している。熱交換器70は、ステンレスパイプを用いた多管式で、直径102mm、長さ150mmに構成され、5kWの熱交換量を有する。

【0030】つぎに、以上のように構成された水素燃焼ヒータの運転の基本的考え方について説明する。図9は

水素の燃焼特性を示すもので、限界線Gを境にして低い温度では緩酸化を行い、高い温度では発火する。ヒータとしてはできるだけ高い温度が望ましいが、大気圧環境では限界線Gが約560℃を横切るので、自然発火を避けて500℃を酸化反応の条件として設定する。

【0031】一方、水素と空気の混合ガスの燃焼最高温度は、図10に示すようにその混合比率によって変化する。図より、完全燃焼による温度500℃は水素1に対して空気15.3の混合比率によって得られることが分かる。この混合比率を中心にして前後各10%の範囲内に制御しても、水素爆発限界より十分に離れた濃度である。したがって、制御装置は、上記15.3の混合比率付近により燃焼触媒60の温度を500℃に保持する運転を行うものとする。

【0032】以下、運転制御について説明する。まず始動に際しては、制御装置はウォータポンプ65をオンして熱交換器64に水を通流開始させる一方、電気加熱触媒50に通電を行う。そして、送風機11を作動させて流量制御弁12により所定の始動時風量で空気を入口管13へ供給し、また、減圧弁15を開くとともに第1の絞り弁19を開いて、水素導入管16から入口管13へ水素ガスを供給する。第1の絞り弁19による水素ガスの流量は定常状態での流量の1/10に相当する5リットル/分に設定され、流量制御弁12は空気の始動時風量が水素1に対して15.3付近となるよう、略76リットル/分に制御される。

【0033】電気加熱触媒50はあらかじめ設定した時間だけ通電される。この通電により電気加熱触媒50の温度が200℃以上になると、それ以降は触媒反応により昇温を続け、500℃まで達する。ここでは、通電60秒で200℃に達し、120秒で300℃に達しているから、通電は通常120秒で十分である。

【0034】電気加熱触媒50を通過して500℃まで昇温した燃焼ガスが、燃焼触媒60を加熱する。この着火段階では、制御装置は温度センサ73により電気加熱触媒50からの燃焼ガスの温度を監視しており、所定上限温度を越したり、所定時間内に昇温しない場合には、作動異常として送風機11やウォータポンプ65を含み全電源をオフとする。

【0035】また、温度センサ74、75により燃焼触媒60にかかわる温度を監視し、所定上限温度を越したり、所定時間内に昇温しない場合にも、作動異常として全電源をオフとする。さらに凍結や配管詰まりによって圧力センサ77の検出値が異常を示す場合にも、同様に全電源をオフとする。

【0036】着火により、温度センサ74で検出した燃焼触媒60の温度が300℃に達すると、さらに第2の絞り弁20も開いて、水素導入管16から入口管13へ合わせて50リットル/分の水素ガスを供給するとともに、送風機11からの風量を混合比率15.3付近とな

るよう、流量制御弁12で略760リットル/分に制御する。電気加熱触媒50で酸化反応する5リットル/分を除く45リットル/分の水素が燃焼触媒60で酸化反応して、燃焼触媒60で反応した燃焼ガスは500℃まで昇温する。

【0037】この間、電気加熱触媒50の上流に配置した混合器40は、いずれも多孔素材の平板42と波板43とを重ねて巻き上げてあり、平板42と波板43の間に形成される各セル45が流れ方向に貫通しているの、圧力損失を増大させることがない。しかも、各板に形成された多孔(孔44)により、空気と水素ガスはセル間を細かく移動する間に均一に混合される。通常、混合が不完全であると、電気加熱触媒50に流入した際にヒートスポットが発生するが、本実施例では、水素導入管16から50リットル/分の水素ガス、送風機11から760リットル/分の空気を流したときにヒートスポットの発生なく、安定した燃焼反応が得られた。

【0038】燃焼触媒60で500℃まで昇温した燃焼ガスは、熱交換器64を通過する間にウォータポンプ65により6リットル/分で流れる純水と熱交換を行ったあと、消音器70で消音されて放出される。5kWの熱交換量を有する熱交換器64を通過した燃焼ガスはまだ約200℃以上の高さにあるので、ここでケーシング31内に水分が凝縮することはない。

【0039】運転の間、温度センサ75で検出した燃焼触媒60直後の温度が所定値より高くなったときは、第2の絞り弁20を閉じて水素ガス流量を5リットル/分に切換えるとともに、流量制御弁12で空気流量を略76リットル/分として、低流量燃焼状態とする。この状態では、燃焼触媒60の温度が維持されるだけとなり、つぎに空気と水素ガスの流量が増大されたときには直ちに燃焼触媒60における酸化反応が再開される。また、圧力センサ77が異常な高圧を検出したときは、制御装置がリリーフ弁79を開放させる。

【0040】本実施例は以上のように構成され、混合器40、電気加熱触媒50、燃焼触媒60および熱交換器64を順に配置してヒータユニット30を形成し、水素爆発限界から十分離れた混合比率で水素と空気を供給することにより、緩酸化領域で水素の酸化反応を得て、この燃焼ガスを熱交換器64に通すものとしたので、爆発や爆燃のおそれなく、過大な高熱も避けられて熱応力の増大が抑えられ、窒素酸化物生成のない加熱が実現した。

【0041】また、混合器40は、重ねて巻き上げた平板42と波板43の間の各セル45が流れ方向に貫通しているので、流路にメッシュ板や網を設ける形式のものに比較して、圧力損失を増大させることがない。しかも、各板には多孔(孔44)が形成されているので、単純かつ軽い構成で空気と水素ガスが均一に混合される。また、混合器40はスクリュウ形式のものにおけるよう

な可動部分を備えないため、耐久性が高く、長寿命の利点を有する。

【0042】なお、実施例では、混合器40は平板42と波板43とを巻き上げのあと、真空熱処理を行って拡散結合させているが、そのほか、巻き上げの途中に複数回と巻き上げ完了後にスポット溶接することによっても、混合器を単体としてより簡便に作製することができる。

【0043】さらに、実施例の混合器40は、それぞれ直径1.0mmの丸い孔44を形成した平板42と滑らかな断面形状の波板43とを重ね巻きして構成しているが、巻かれた後に形成されるセル間が連通可能となるものであれば、種々の構造を用いることができる。図11は混合器40に用いる素材形状の他の例を示す。図の(a)は三角波形状の波板であって、波の山および谷に切り込みを入れて反対側へ折り返すことにより、山部46には谷48を、谷部47には山49を素材41'の幅方向に交互に形成したものである。図の(b)は平板素材41'の幅方向に等間隔に、巻き方向の切り込みを入れて、幅方向交互に三角形状の山49'と谷48'を切り起こしたものである。

【0044】また、実施例における電気加熱触媒50の外周側の平板52と波板53には、直径1.0mmの丸い孔57を形成したが、孔形状はとくに限定されず、例えば図12に示すように、矩形としてもよい。図の(a)は素材51'の幅方向に長くした矩形孔57'の例を示し、(b)は素材51'の長手方向(巻き方向)に長くした矩形孔57'の例を示す。

【0045】つぎに、図13は、水素導入管の構成を異ならせ、また電気加熱触媒に混合器機能を持たせた第2の実施例を示す。まず、電気加熱触媒について説明する。ヒータユニットのケーシング31'の小径部32'内には、電気加熱触媒80が配置されている。電気加熱触媒80は、図14に示すように、第1の実施例における電気加熱触媒50と同様に、白金(Pt)1%、残部アルミナ(Al₂O₃)からなる触媒を担持した厚さ50μmの20Cr-5Al、残部Feのステンレス箔からなる幅80mmの平板82と波板83とを重ね巻きして形成してあり、複数箇所う付けした後、第1の実施例の電気加熱触媒50における外筒54と同様の、内径58mmの小径部32'に整合する外筒84に圧入されている。平板82と波板83の巻き上げ中心には第1電極85が貫通し、外筒84には第2電極56が設けられている。第1電極85および第2電極56はケーシング31'の外周壁を貫通して外方へ延びている。

【0046】平板82と波板83の各素材81は、いずれも図15に示すように、幅80mmのうち片側50mmの範囲に、直径1.0mmの孔87を幅方向に2.5mmピッチ、巻き方向に5mmピッチで形成して多孔部86としている。波板83は波の高さが1.2mm、波

のピッチが2.6mmとなっている。これにより、電気抵抗値は約0.8Ωとなっている。この電気加熱触媒80は、多孔部86を上流側にして小径部32'に設置されている。なお、図13～図15では理解容易のため孔87のサイズやピッチを大きく表示して簡略化している。

【0047】つぎに、水素導入管について説明する。先の図13に示すように、入口管13'の側壁に開口する水素導入管16'は、減圧弁の代わりに水素停止弁100を備えて図示しない水素貯留容器に接続されている。水素導入管16'には、入口管13'への開口部と水素停止弁100の間に、分岐路が形成され、一方の分岐路17には第1の絞り102、他方の分岐路18には水素停止弁104と第2の絞り106が設けられている。内径5.8mmの入口管13'に対して水素導入管16'の開口内径は8mmとしてある。

【0048】また、第1の絞り102と第2の絞り106の流量比は1:9としてあり、まず水素停止弁100を開くと、水素ガスは第1の絞り102を通過して5リットル/分で入口管13'へ供給され、さらに水素停止弁104を開くことにより第2の絞り106を通過する分が加わって合計50リットル/分で入口管13'へ供給される。水素停止弁100および104はいずれも気体作動弁であり、空気または不活性ガス（以下、単に気体という）の圧力を供給されて開弁し、所定圧力以下では閉状態を維持する。

【0049】水素停止弁100および104への各気体供給管108、109には、それぞれ3方電磁弁110、112が設けられ、各3方電磁弁は図示省略の制御装置により制御される。3方電磁弁110、112はそれぞれ開弁して気体を水素停止弁100あるいは104へ圧力を供給して、閉弁したときには圧力を抜く。これにより、3方電磁弁110、112を制御することにより、水素停止弁100、104の開閉が制御される。

【0050】水素ガスの通流を制御する水素停止弁100および104が気体作動弁で構成されているので、水素ガスと電気エネルギーの接触のおそれがなく、また万一作動流体のリークが発生しても、作動流体が不活性ガスまたは空気のため、互いの接触による事故発生の心配もない。

【0051】なお、先の第1の実施例では水素導入管16を入口管の管壁に開口したが、十分な混合のためには単一の開口から供給するよりも複数箇所から分散して供給する方が好ましいので、この実施例では水素導入管16'を入口管13'の周壁を貫通させて、入口管13'の断面を下から上へ横切るように接続し、入口管の断面内で水素導入管16'に複数の開口を設けてある。水素導入管16'の入口管13'手前にはフィルタ114を取り付け、水素ガスに混入した粉塵を除去する水滴を分離する。また、入口管13'を横切った水素導入管1

6'の先端部には圧力センサ116が設けられている。

【0052】図16は、水素導入管16'の詳細を示す拡大図で、(a)は上流側から見た正面図、(b)は(a)におけるA-A断面を拡大して示している。開口90が入口管13'の断面における中心位置またはその近傍と、入口管13'の底面から断面半径の2/5の中間部とに、合計2個設けられている。内径5.8mmの入口管13'に対して、水素導入管16'の外径は10mm、内径は8mmで、各開口90の径は1.5mmとしてある。そして、とくに(b)に示すように、開口90はいずれも入口管13'内の流れに対して管軸方向上流に向かって設けられている。その他の構成は、第1の実施例と同じである。

【0053】本実施例によれば、電気加熱触媒80の平板82および波板83の上流側前半部50mmの範囲を多孔部86としてあるので、電気加熱触媒80に入った空気と水素ガスは流れ方向に形成されるセル間を細かく移動する間に均一に混合される。しかも、この混合される間にも通電により加熱されるので、触媒反応も確実に促進される。これにより、多孔部86の追加で第1の実施例における電気加熱触媒50より若干長さを延ばすとしても、独立の混合器40を設置しないで済むだけケーシングの小径部32'の長さが短くて、ヒータユニットのサイズが小型となる。

【0054】また、水素導入管16'は入口管13'の断面内を上下に横切って、断面の中心位置近傍から下側に配した2つの開口90から上流に向けて水素ガスを噴出させるので、その噴出位置からすでに全断面にわたる混合が開始される。したがって、水素導入管16'の入口管13'への接続位置と電気加熱触媒80間の距離が短くても、電気加熱触媒80に流入するときにはすでに相当程度混合が進んでいるので、電気加熱触媒80の上流側端面でのヒートスポットの発生もない。

【0055】すなわち、図17の(b)は、水素導入管16'から50リットル/分の水素ガス、送風機から760リットル/分の空気を流したときの、入口管13'中の水素導入管16'から30mm下流の(a)に示す各点における水素濃度変化を示す。ここで、水素濃度変化とは平均濃度からのずれ量をいう。なお、(a)においてdは入口管13'の内径である。(b)は、入口管13'の断面の各部位において、水素濃度変化が+1～-1%の範囲に収まっていることを示しており、電気加熱触媒80の上流側端面ですでに良好な混合状態となっている。これにより、ヒートスポットの発生がなく、安定した燃焼反応が得られた。また、図17の(c)は水素ガスおよび空気の流量を1/6に減じた場合の測定結果を示し、この場合でも+2～-2%の範囲に収まっている。

【0056】なお、図18は水素導入管の変形例を示し、正面図の(a)に示すように、水素導入管16'は

開口90が入口管13'の断面における中心位置と、中心位置から下半部を3等分する位置とに、合計3個設けている。この場合も、水素導入管16"から50リットル/分の水素ガス、送風機から760リットル/分の空気を流したときの、水素導入管16"から30mm下流の各点における水素濃度変化は、(b)に示すように、+1〜-1%の範囲に収まって良好な混合状態が得られた。

【0057】図19はこれらに対する比較例を示す。

(a)に示すように開口90Aが入口管13'の断面における中心位置とその上下の対称位置とに設けられている場合には、(b)のように、断面内の部位によって水素濃度変化が+5から-4%にまで大きくばらついている。したがって、これではヒートスポットが発生しやすくなり、安定した燃焼反応が得られない。

【0058】なお、第2の実施例では水素導入管16'、16"の先端部に圧力センサ116が設けられているので、その検出結果を用いてフィードバック制御を行うことにより、水素ガス流量の制御をより高精度に行うことができる。一方、圧力センサを省略する場合には、水素導入管16'、16"は入口管13'の断面の中心位置近傍の開口90の近くを閉じた終端とすればよい。

【0059】以上に説明した各実施例における各流量や寸法値は例示であって、使用目的や必要容量に応じて適宜に設定できることは言うまでもない。また、実施例では入口管13、13'へ供給する空気の流量を流量制御弁12で制御するものとしたが、代わりに、送風機11自体の直接制御によって空気の流量を制御するようにしてもよい。

【0060】

【発明の効果】以上のとおり、本発明の水素燃焼ヒータは、流路の上流側から順に電気加熱触媒、燃焼触媒、および熱交換器を設け、まず電気加熱触媒に通電して水素ガスと空気の混合ガスの燃焼を開始させ、その燃焼ガスにより加熱した燃焼触媒でさらに混合ガスを燃焼させるものとし、電気加熱触媒および燃焼触媒における燃焼が緩酸化反応となるように燃料供給手段が水素ガスと空気の比率を制御するようにしたので、爆発や爆燃のおそれがなく、燃焼温度も過大とならない。したがって、防爆、高熱対策が不要で、窒素酸化物の生成や熱応力の増大が抑えられ、安定な加熱性能が得られる。とくに、緩酸化反応で最高500℃を得る直に水素ガスと空気の比率を設定することにより、水素爆発の心配もなく、安全に高温度を確保することができる。

【0061】電気加熱触媒は、第1の電極を中心に、少なくとも触媒を担持した波板を含む素材を巻き上げて形成し、外周に設けた外筒に第2の電極を接続したものを、セルを流路の流れ方向に合わせて設置することにより、容易に作製でき、コストも低減する。

【0062】また、電気加熱触媒はその容量を燃焼触媒よりも小さくし、電気加熱触媒への通電による燃焼開始にあたっての水素ガスと空気の混合ガスの流量を、定常運転時の流量×電気加熱触媒の容量/(電気加熱触媒の容量+燃焼触媒の容量)に制御することにより、小電力で短時間に触媒反応を開始でき、定常運転への立上がり早い。相対的に燃焼触媒の容量を電気加熱触媒より大きくするにあたっては、燃焼触媒の断面積を大きくすることにより、ヒータ全体が短く、コンパクトになる。

【0063】さらに、電気加熱触媒より上流側に混合器を設けることにより、電気加熱触媒に流入する前に水素ガスと空気が十分に混合されるから、電気加熱触媒にヒートスポットが発生せず、耐久性が向上する。混合器はそれぞれ多孔素材の平板と波板とを重ねて巻き上げて形成し、各セルを流路の流れ方向に合わせて設置することにより、圧力損失を増大させることなく、空気と水素ガスが均一に混合される。

【0064】また、電気加熱触媒において、巻き上げ素材の外周側所定巻き数に対応する範囲に多孔を形成することにより、その抵抗値が増大して、発熱量が増大するので、外部への放熱があっても、外周部も中心部の変化に近い昇温特性を有することとなり、触媒反応が正常に進むので、早く定常運転に移行できる。

【0065】なお、電気加熱触媒の上流側端から所定範囲について巻き上げ素材に多孔を形成すれば、セルを流れる間に多孔を通して空気と水素ガスが細かく移動するので、別途独立の混合器を設けず短縮されたサイズのなかで、十分な混合作用が得られる。

【0066】燃料供給手段を構成する水素導入管が第1の絞り弁を備える第1の分岐路と第2の絞り弁を備える第2の分岐路を有し、第1の絞り弁は燃焼開始時に対応する水素ガスの流量を与え、第1の絞り弁と第2の絞り弁の両方を開いたとき定常運転時の水素ガスの流量が与えられるものとするにより、燃焼開始にあたっては第1の絞り弁のみを開き、燃焼触媒が触媒反応を開始したらさらに第2の絞り弁を開くだけで適正な流量が供給されるから、燃料の流量制御が簡単となる。

【0067】また、水素導入管に第1の水素停止弁を備え、第1の分岐路には第1の絞り弁のかわりに第1の絞りを備え、第2の分岐路には第2の絞り弁のかわりに第2の水素停止弁および第2の絞りを備えとともに、第1、第2の水素停止弁を空気または不活性ガスで作動する気体作動弁で構成することにより、例えば絞り弁に電磁弁を用いたときに発生し得る水素ガスと電気エネルギーの接触のおそれが回避され、水素爆発が確実に防止される。

【0068】さらにまた、水素導入管を入口管の周壁を貫通させて入口管の断面を下から上へ横切るように配置し、入口管の断面内における中心位置近傍および該中心位置近傍より入口管の底面側に、入口管の管軸方向上流

に向けて複数の開口を設けることにより、水素導入管の直後で空気と水素ガスの良好な混合状態が得られ、電気加熱触媒のヒートスポット発生抑止に一層貢献する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の全体構成を示す図である。

【図2】混合器の構造を示す図である。

【図3】混合器の作製要領を示す説明図である。

【図4】混合器の作製に用いる多孔素材の詳細を示す図である。

【図5】電気加熱触媒の構造を示す図である。

【図6】電気加熱触媒の作製に用いる素材の詳細を示す図である。

【図7】電気加熱触媒の外周部における昇温特性を示す図である。

【図8】電気加熱触媒における多孔の有無による温度分布の比較図である。

【図9】水素の燃焼特性を示す図である。

【図10】水素と空気の混合比率と燃焼最高温度の関係を示す図である。

【図11】混合器に用いる素材形状の他の例を示す図である。

【図12】電気加熱触媒の素材における孔形状の他の例を示す図である。

【図13】第2の実施例の構成を示す図である。

【図14】第2の実施例における電気加熱触媒の構造を示す図である。

【図15】第2の実施例における電気加熱触媒の作製に用いる素材の詳細を示す図である。

【図16】水素導入管の詳細を示す拡大図である。

【図17】第2の実施例における水素の混合状態を示す図である。

【図18】変形例における水素の混合状態を示す図である。

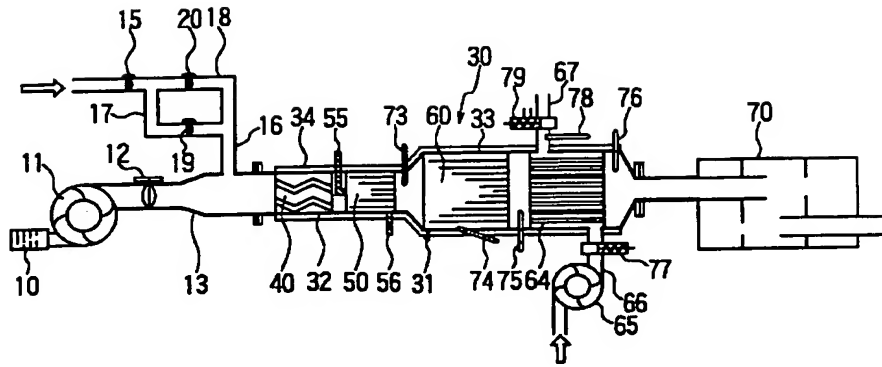
【図19】比較例における水素の混合状態を示す図である。

【符号の説明】

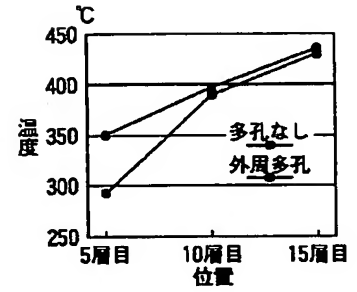
10 フィルタ
11 送風機
12 流量制御弁
13、13' 入口管

15 減圧弁
16、16' 水素導入管
17 分岐路（第1の分岐路）
18 分岐路（第2の分岐路）
19 第1の絞り弁
20 第2の絞り弁
30 ヒータユニット
31、31' ケーシング（流路）
32、32' 小径部
33 大径部
34 断熱材
40 混合器
41 多孔素材
42、52、82 平板
43、53、83 波板
44、57、87 孔
45、58 セル
50、80 電気加熱触媒
51、81 素材
54、84 外筒
55、85 第1電極
56 第2電極
60 燃焼触媒
64 熱交換器
65 ウォータポンプ
66 水導入管
67 水排出管
70 消音器
73、74、75、76、78 温度センサ
77 圧力センサ
79 リリーフ弁
86 多孔部
90 開口
100 水素停止弁（第1の水素停止弁）
102 第1の絞り
104 水素停止弁（第2の水素停止弁）
106 第2の絞り
108、109 気体供給管
110、112 3方電磁弁
114 フィルタ
116 圧力センサ

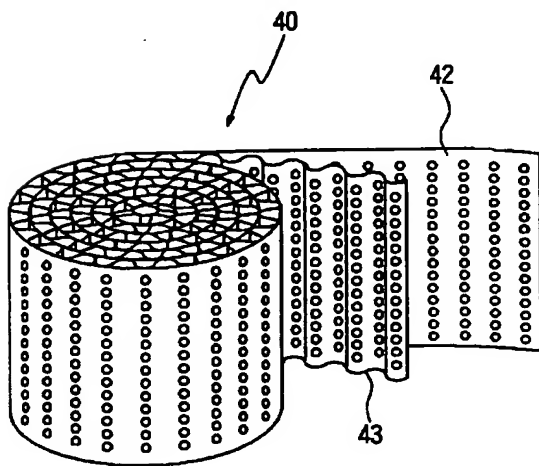
【図1】



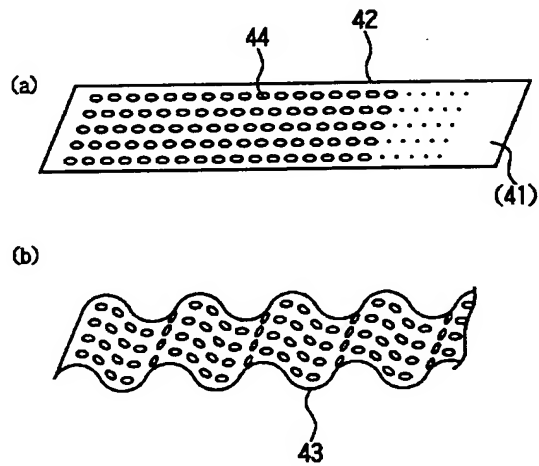
【図8】



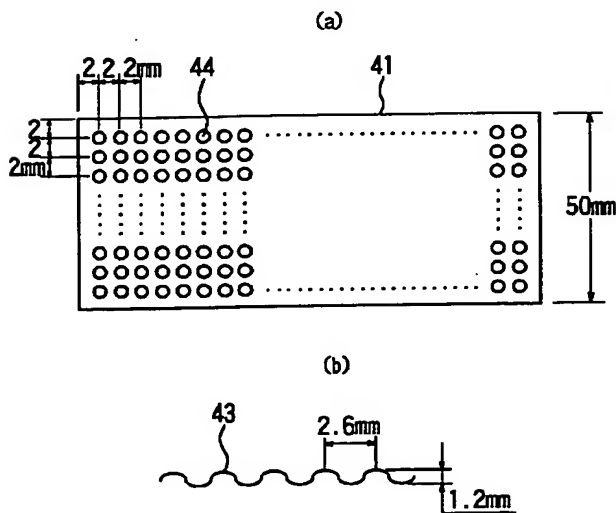
【図2】



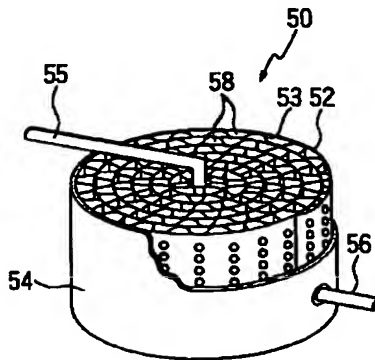
【図3】



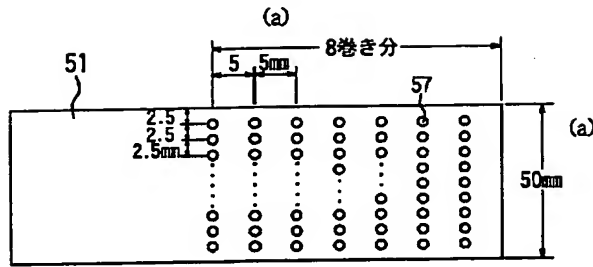
【図4】



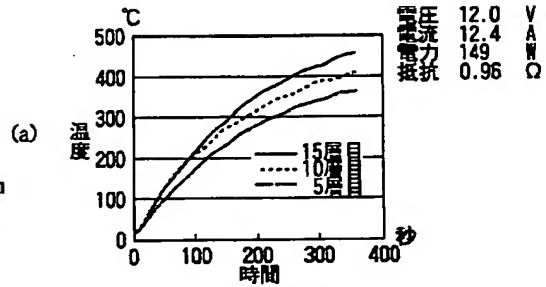
【図5】



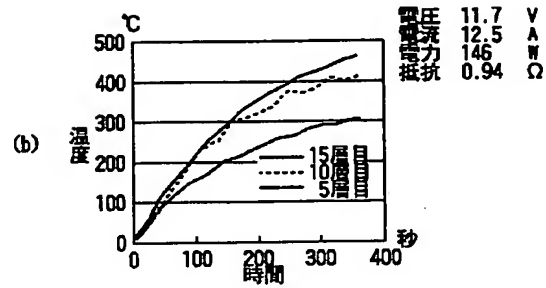
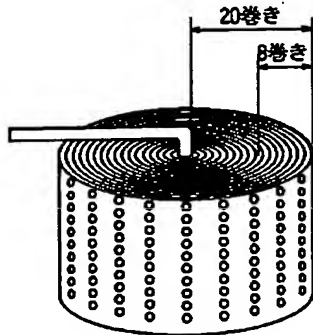
【図6】



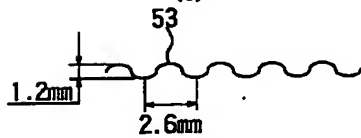
【図7】



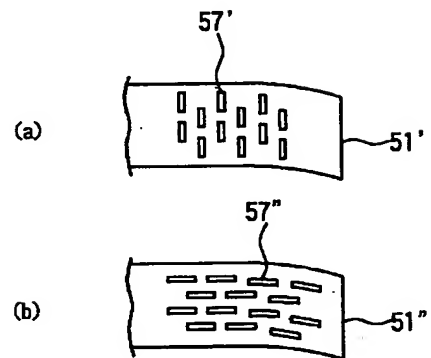
(b)



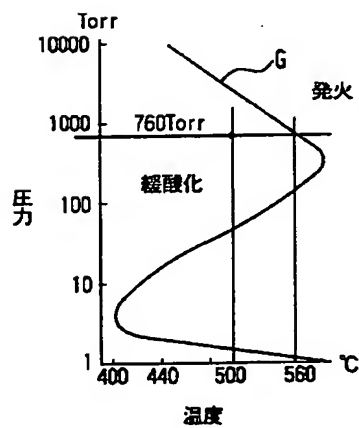
(c)



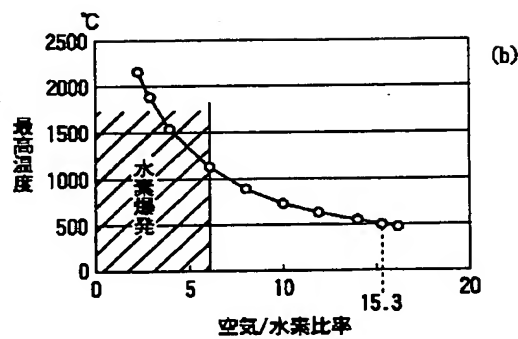
【図12】



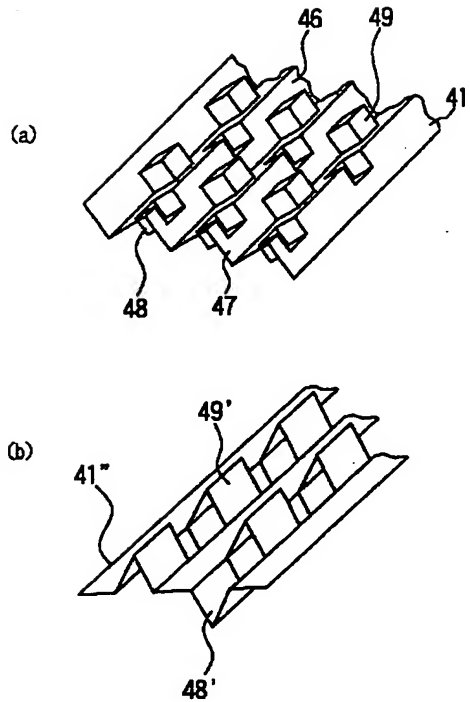
【図9】



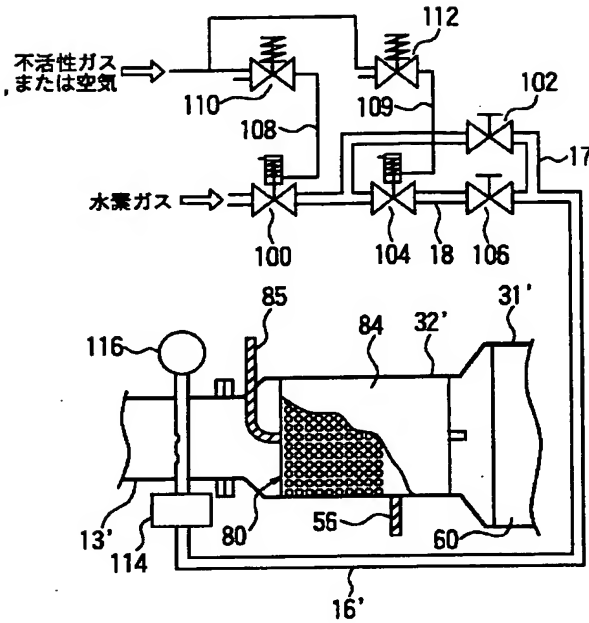
【図10】



【図11】

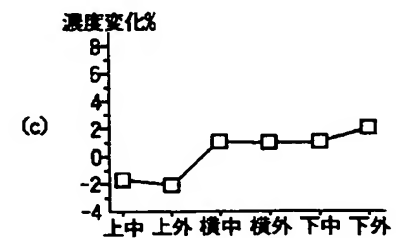
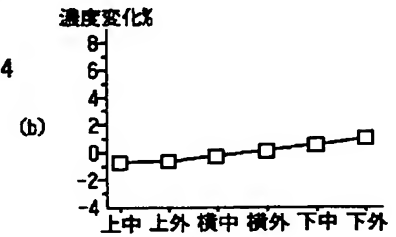
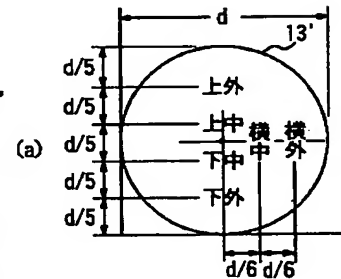
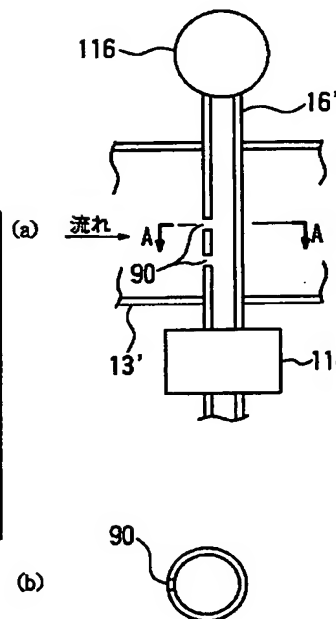
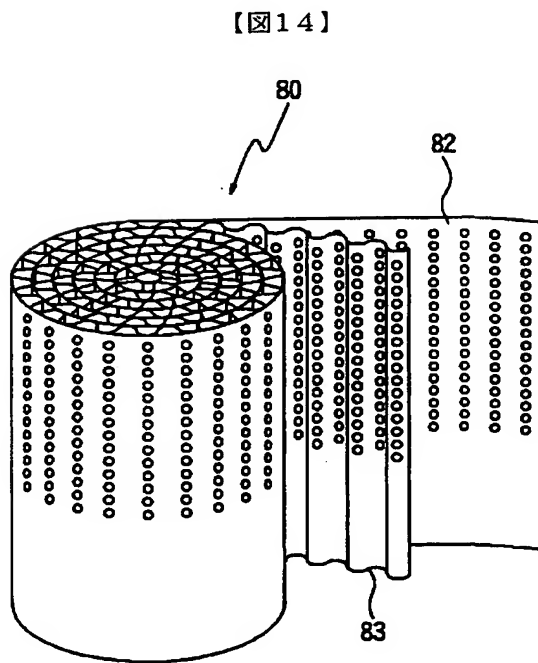


【図13】

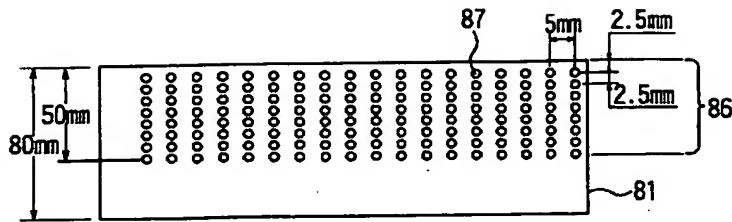


【図16】

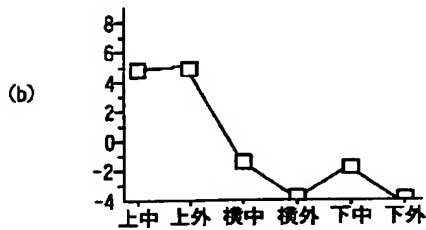
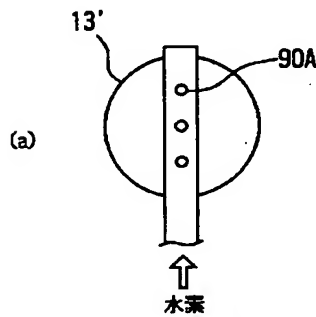
【図17】



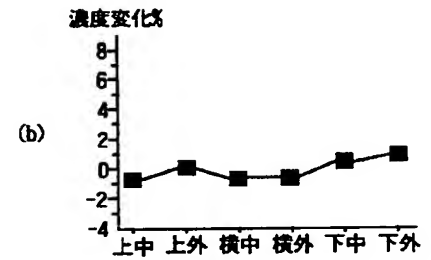
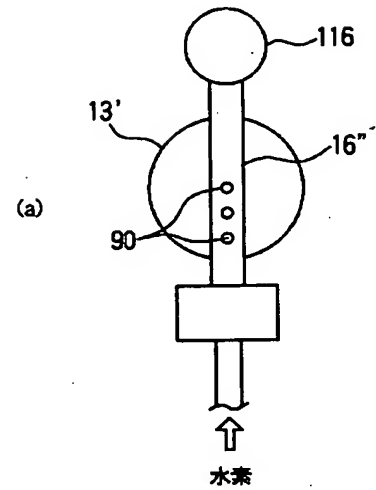
【図15】



【図19】



【図18】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3K017 AA02 AA05 AA10 AB01 AB06
 AB09 AC01 AC03 AD03 AD11
 AE03 AG07 BA02 BA05 BA10
 BB01 BB09 BC02 BC10 BE03
 BE11 BF03 CA05 CA10 CB01
 CB09 CB11 CD02 CE03 CE05
 CF03

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images problems checked, please do not report the problems to the IFW Image Problem Mailbox